

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-185024
(43)Date of publication of application : 30.07.1988

(51)Int.CI. H01L 21/30
G01B 11/00
G03F 9/00
H01L 21/68

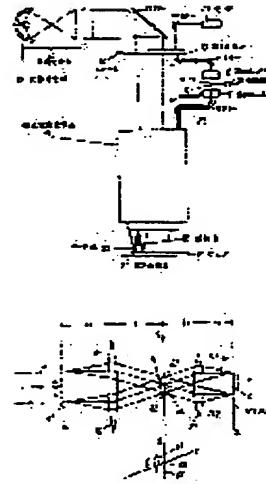
(21)Application number : 62-016962 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
(22)Date of filing : 27.01.1987 (72)Inventor : NOMURA NOBORU YAMASHITA KAZUHIRO

(54) ALIGNER

(57)Abstract:

PURPOSE: To perform position alignment highly accurately, by positioning a pattern on a reticle over a wafer with interference frings as a medium highly accurately, estimating the shape of a lattice formed on the wafer, and correcting the position when the shape is asymmetrical.

CONSTITUTION: A phase lattice pattern 41 is arranged on a reticle 14 at a position x_1 of a front focal point f_1 of a first Fourier Transform lens 15. Diffracted light is inputted into the Fourier transform lens 15, and a Fourier spectrum image is formed at the a rear focal plane. A space filter 16 is arranged on a Fourier transform plane. Diffracted lights of zero order and \pm second order or higher at the lattice pattern 41 are cut. \pm First-order light and a spectrum at an aperture pattern are made to pass. The diffracted light is projected on a wafer 18, and the image of an aperture part on the reticle is formed. The components of the \pm first order light of the lattice pattern 41 are mutually interfered, and interference fringes at a new pitch are formed. The interfered light is detected with a photodetector D. Light-intensity information, which indicates the position relationship between the interference fringes and a lattice G is obtained. The asymmetrical shape of the position aligning lattice formed on the wafer can be implemented by measuring Moire light intensity.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

⑯ 日本国特許庁 (JP)

⑰ 特許出願公開

⑲ 公開特許公報 (A)

昭63-185024

⑳ Int.CI.

H 01 L 21/30
G 01 B 11/00
G 03 F 9/00
H 01 L 21/68

識別記号

311

府内整理番号

M-7376-5F
G-7625-2F
7124-2H
F-6851-5F

㉑ 公開 昭和63年(1988)7月30日

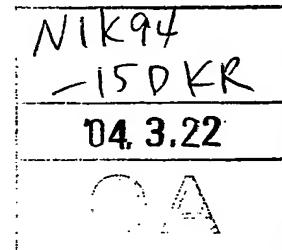
審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

㉒ 発明の名称 露光装置

㉓ 特願 昭62-16962

㉔ 出願 昭62(1987)1月27日

㉕ 発明者 野村 登 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
 ㉖ 発明者 山下一博 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
 ㉗ 出願人 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
 ㉘ 代理人 弁理士 中尾敏男 外1名



明細書

1. 発明の名称

露光装置

2. 特許請求の範囲

光源、照明光学系、レチクル、第1のレンズ系、空間フィルター、第2のレンズ系、縮小投影光学系、基板およびこの基板を保持するステージ、光検出器を有し、前記レチクル面上に第1の格子が形成されており、前記光源から出た光束を照明光学系を通して前記レチクル面上の格子に入射させて前記光束を波面分割し、この波面分割された2組の2光束を前記基板上に設けた第2の格子に順次入射し、回折された光束を互いに干渉させ、干涉させた光束の光強度を前記光検出器により測定し、前記第1組の2光束の光強度変化と第2組の2光束の光強度変化を比較することにより、前記レチクル上の第1の格子と前記基板上の第2の格子とを位置合わせすることを特徴とする露光装置。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は、微細パターンを持つ装置時に1ミクロンもしくはそれ以上のサブミクロンのルールを持つ半導体装置等の露光装置に関するものである。

従来の技術

半導体装置は最近ますます高密度化され、各々の素子の微細パターンの寸法は1ミクロン以下に及んでいる。従来からのLSI製造時のフォトマスクとLSIウエハの位置合わせは、ウエハに設けた位置合せマークを用いて、ウエハを着装したステージの回転と2軸平行移動し、フォトマスク上のマークとウエハ上のマークを重ね合わせることによって行なっていたが、その位置合わせ精度は±0.3ミクロン程度であり、サブミクロンの素子を形成する場合には、合わせ精度が悪く実用にならない。また、S.オーステン [Applied Physics Letters (アプライド フィジックス レターズ) Vol. 31 No. 7 P. 428, 1977] が示した干渉法を用いた位置合わせ方法では、第9図で示したように、入射レーザビーム1をフォトマスク2に入射させ、フォトマスク2上に形成

した格子3で回折し、この回折した光をもう一度、ウエハ4上に形成した格子5によって回折することにより、回折光6、7、8……を得る。この回折光は、フォトマスクでの回折次数とウエハでの回折次数の二値表示で表わすと、回折光6は(0, 1)、回折光7は(1, 1)、回折光8は(-1, 2)……で表わすことができる。この回折光をレンズにより一点に集め光強度を測定する。回折光は入射レーザビーム1に対して左右対称な位置に光強度を持ち、フォトマスク2とウエハ4との位置合わせには、左右に観察された回折光の強度を一致させることにより行なえる。この方法では位置合わせ精度は、数100Åとされている。しかし、この方法においては、フォトマスク2とウエハ4との位置合わせは、フォトマスク2とウエハ4との間隔Dに大きく影響されるため、間隔Dの精度を要求する。また、フォトマスク2とウエハ4を接近させ、間隔Dの精度を保持した状態で位置合わせする必要があり、装置が複雑となるため、実用に問題があった。

ており、位置合わせマークの製造方法において、全ての工程でマークで実現不可能であり実用化するに至っていない。

発明が解決しようとする問題点

本発明はこのような従来からの問題に鑑み、微細パターンの位置合わせを大気中で、かつ、簡単な構成で行なえるLSIのレチカルとウエハの正確かつ容易な位置合わせを可能とした露光装置を目的としている。

また、ウエハ上に形成した位置合わせ用の格子が非対象であっても、その非対称性を検知して修正できる機能を有する露光装置を提供することを目的としている。

問題点を解決するための手段

本発明は、高精度な位置合わせを投影露光装置において実現するために、レチカル面上に形成された格子によって波面分割された光束のうち、第1レンズのスペクトル面で適当な第1の2光束を空間フィルターによって通過させ、次に第2のレンズ系を通過させ、さらに、投影レンズによって

また、サブミクロノ線幅を持つ素子の位置合わせには、素子からの二次電子放出による観察による方法があるが、大気中での取り扱いができないため、LSIを製造するまでのスループットが小さくなり実用上問題があった。

また、第10図に示した従来の例[アライイイ
トランズ オン イーデ(IKEE, trans on E.D)
BD-26, 4, 1974, 723, Gijs Bouwhuis]では、2枚のL₁, L₂のレンズ系で示されたマイクロレンズのフーリエ変換面に、レーザビームを入射しレンズL₂を介してウエハW上に形成された格子に対してビームlを照明し、空間フィルタSFで格子から回折される±1次光のみをレンズ系L₂, L₁を通してレチカルRに入射し、レチカルRの近傍において干渉模を生成し、レチカルに設けた格子を通過する光を光検出器D, AMPで検出して、ウエハWとレチカルRを位置合わせする構成が図示されている。第10図の構成においては、ウエハW上に形成した非対称の格子に対しては位置を補正することができないと述べられ

基板上に投影する。基板上に設けた第2の格子から回折された回折光を逆に投影レンズ中及び第2のレンズ系を通過させ、第2の格子からの回折光と互いに干渉させ、干渉させたモアレ模の光強度を光検出器により測定し、前記レチカル上の第1の格子と基板上の第2の格子との相対位置を検出する。さらに、第2の2光束を空間フィルターによって通過させ、基板上の第2の格子から回折された回折光のモアレ模光強度を前述の第1の2光束によって得たモアレ模光強度と比較することで高精度の位置合わせを実現するものである。

作用

従来位置合わせマークを形成する際の非対称性については補正することができず、位置合わせは、位置合わせマークの非対称を含んだ状態で位置合わせされていたので、合わせ誤差が大きかった。本発明による上記手段を持つ露光装置は、位置合わせマークの非対称性について補正が可能であり、より高い精度の位置合わせを実現するものである。

実施例

本発明による光学系の実施例を第1図に示した。光源11から出た光(この図ではより鮮明な干渉性とより深い焦点深度を得るために、レーザ光を想定した構成になっているが、全体の光学系は白色干渉光学系であり、水銀灯などのスペクトル光源でもよい。)を第1のレンズ系15の入射瞳に對して入射する。

以下の説明では、本発明の原理を簡潔に述べるためにレチクルは平行光束によって照明され、第1及び第2のレンズ系15,17は、フーリエ変換レンズとするが、必ずしもフーリエ変換レンズでなくてもよい。

光源11と第1のフーリエ変換レンズ系15との間にレチクル14が配置され、レチクル14の第1の格子10のパターンを2次光源として出た像を第1のフーリエ変換レンズ15によって一旦集光し、さらに、第2のフーリエ変換レンズ系17を通してレチクル14のパターンの像をウエハ(半導体基板)18に縮小投影光学系19を通して投影する。第1のフーリエ変換レンズ15の

びその光学系と露光用の光源及びその光学系を有しており、空間フィルターを位置合わせ光学系に配置して使用し、合わせが完了後レチクル上の回路パターンの像がウエハ上に縮小投影される。

第2図は本発明の露光装置に用いられるレチクルである。第2図aはレチクル14の平面図であり、第2図bはレチクル14のA-A線断面図である。レチクル14中には、回路パターン部42とその周辺部43から成り、周辺部43のスクライブラインにあたる部分に第1図の第1の格子10に相当する位置合わせ用格子パターン41,41'が形成されている。レチクル14には入射光44入射し、第2図bに示すように、パターン41内部では格子41パターンによって、0次,±1次,±2次……のように複数の回折光が回折される。パターン41を取り巻くシャ断部43はクロムや酸化クロム等の膜で形成されており、入射光44を、位置合わせ用パターン41の内部のみ通過させていく。

第2図の例においては、回折光を得るために振

後側焦点面には、レチクル上の格子10のパターンの回折光(フーリエスペクトル)が空間的に分布しており、本発明においては、このフーリエ変換面に空間フィルター16を配置してスペクトル面でフィルタリングし、レチクル14上に形成された格子10のパターンをスペクトル面でフィルタリングすることによってウエハ18面上に干渉模20を生成する。

半導体ウエハ18上に形成した第2の格子21からは、回折光22が回折され、縮小投影光学系19及び第2のレンズ系17を逆方向に戻り、空間フィルター16の位置に配置されたミラーMによって、光検出器23に導かれる。

以上がレチクル14とウエハ18の位置合せの光学系であるが、一方、レチクル14の回路パターンは、投影用光源12及び照明光学系13によって照明され、その投影像は縮小投影光学系19を通して、ウエハ18上に結像する。こうして通常の回路パターン露光用の光学系が形成される。

以上のように本発明では、位置合わせ用光源及

幅格子パターン41を用いているが、この格子は位相格子でもよく、入射光がななめから入射する場合にはエッジレット格子でもよい。

第3図は本発明の露光装置の位置合わせ系の原理説明図である。光源11から出た波長λの光は、レチクル上の格子41を照明する。

第1フーリエ変換レンズ15の前側焦点f₁の位置x₁にレチクル14上の位相格子パターン41を配置する。位相格子パターン41のピッチP₁と回折光の回折角θ₁は

$$P_1 \sin \theta_1 = n\lambda \quad (n=0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

の関係がある。このように複数の光束に回折された光はフーリエ変換レンズ15に入射し、さらに後側焦点面に各々の回折光に相当するフーリエスペクトル像を結ぶ。一次の回折光のフーリエスペクトルに対応する座標x₀は

$$x_{01} = f_1 \sin \theta_1$$

$$P_1 \sin \theta_1 = \lambda$$

で示され、0次の回折光のフーリエスペクトル

$$x_{00}$$

$$\epsilon_{60} = f_1 \sin \theta_0 = 0$$

とは完全に分離された状態でフーリエ変換面にフーリエスペクトル像を結ぶ。第1図に示したようにこのフーリエ変換面上に空間フィルタ16を配置し、第4図に示したように格子パターン41の0次および±2次以上の回折光を遮断し、±1次回折光と開口パターンのスペクトル(0次光成分を除く)を通過させる。この回折光は第2フーリエ変換レンズ17を通過し、さらにウェハ18上に投影される。

ただし、第3図、第4図においては回路バーン露光用の縮小投影レンズ系19を省略してある。

ウェハ18上に投影された像は、レチクル上の開口部(パターン41)の像を大略結ぶとともに、格子パターン41の±1次光成分同志が干渉して新たなピッチの干渉模が形成される。ここで干渉模のピッチ P_2 は、

$$P_2 = \frac{\lambda}{2 \sin \theta_2}$$

で与えられる。このとき、第2フーリエ変換レン

される光が各々干渉し、この干渉した光を光検出器Dで検出し、干渉模と格子Gとの間の位置関係を示す光強度情報を得られる。

第4図の光検知器D上での観測される光強度Iは

$$I = u_A^2 + u_B^2 + u_A^* \cdot u_B + u_A \cdot u_B^*$$

ただし、 u_A 、 u_B は各々光束111、112の振幅強度 u_A^* 、 u_B^* は、共役複素振幅である。

$$u_A^2 = A^2 \left(\frac{\sin^N \frac{\delta A}{2}}{\sin \frac{\delta A}{2}} \right)^2, u_B^2 = B^2 \left(\frac{\sin^N \frac{\delta B}{2}}{\sin \frac{\delta B}{2}} \right)^2$$

$$u_A^* \cdot u_B + u_A \cdot u_B^* = 2 \cdot A \cdot B \cos |(N-1) \frac{\delta A - \delta B}{2}| + Kx(\sin \theta_A - \sin \theta_B)|$$

$$\times \frac{\sin^N \frac{\delta A}{2} \cdot \sin^N \frac{\delta B}{2}}{\sin \frac{\delta A}{2} \cdot \sin \frac{\delta B}{2}}$$

(ただし、A、Bは定数、N：格子の数、 δA 、 δB は隣接した2格子によって回折された光の間の光

ズ17の前側焦点面に第1フーリエ変換レンズ15のフーリエ変換面を設定するので

$$f_1 \sin \theta_1 = f_2 \sin \theta_2 = \epsilon_{61}$$

の関係がある。

第1及び第2フーリエ変換レンズ15、17、さらに、縮小率mの縮小投影光学系を通した像の間には、

$$P_2 = m \frac{\lambda}{2 \sin \theta_2} = m \frac{f_2}{f_1} \cdot \frac{\lambda}{2 \sin \theta} = m \frac{f_2}{f_1} \cdot \frac{P_1}{2}$$

………(1)

の関係がある。よって、ウェハ18上に生成される干渉模のピッチ P_2 は $f_1 = f_2$ のときは、レチクル上の格子パターン41の投影像のピッチの半分となる。格子41の投影像によって、ウェハ18上に第2の格子Gを形成し、この格子Gに対して、光束111と112の光をそれぞれ照射すると、波面分割する格子Gによってそれぞれ回折された光が得られる。また、2光束111、112をウェハ18上に同時に照射すると、干渉模を生成し、さらに、この場合ウェハ18上の格子Gによって回折

路差、xは光束111と光束112との干渉模と格子との間の相対的位置関係、 θ_1 、 θ_2 は光束111及び112とウェハの垂直とのなす角)として示される。

第5図に光束111と112の両方を同時にウェハの格子Gに照射したときの回折光の光強度Iの観測角度依存性を示した。生成した干渉模のピッチを $1 \mu\text{m}$ 、格子Gのピッチを $2 \mu\text{m}$ とした場合の図である。光強度の鋭いピークが現われるものは光強度Iで示されているように、干渉模のピッチに対して格子Gのピッチが整数倍のときに限られている。そして、第5図において、観測角度を $-\pi/2 \sim \pi/2$ と変化させると9つのピークがあらわれ、 θ_2 のピークには、入射光111、112の0次の回折光が重なる。 θ_1 のピークは干渉模と格子のピッチが等しい場合の1次の回折光のピークに相当する。 $\theta_1 \sim \theta_2$ の各々のピークに干渉模とウェハ上の格子Gとの間の位置情報が含まれている。

各々のピークは、(-3, +5), (-2, +4),

……(+5, -3)の回折光の合成光強度として観察される。

特に、(-1, +1)の光が重なる時、は回折光の光強度が等しいため、検出するモアレ光のコントラストが高い。

ウエハ上に形成された位置合わせ格子の非対称形状は以下のようにして、前記のモアレ光強度を測定することによって実現できる。2組の空間フィルターを用意し、第1の組の空間フィルターによってレチクルの格子から回折された±1次光を通過させたときのステージの合わせ位置と第2の空間フィルターによって0次と1次光を通過させたときのステージの合わせ位置との差を読み取り、表面形状に対応した位置合わせを行えるようとする。

第6図に周期 ℓ の非対称形状の格子にレチクルから回折された±1次光が入射した様子を示した。第7図にはさらに、周期 ℓ の非対称形状の格子にレチクルから回折された+1次及び0次光が入射した様子を示した。

から入射する+1次光 R_1 と垂直に入射する0次光 R_3 を照射した場合の格子から回折される光の位相差を求める。回折した光は入射光で言えば-1次光の方向で検出する。

左から入射する+1次光 R_1 に対して、回折光 $R'_{1\alpha}$ と $R'_{1\beta}$ との位相差は、距離 $FEGH$ にあたる。

$$\text{距離 } FEGH = \left(\frac{L}{2} - 2d\right) \sin \varphi + d(1 + \cos \varphi)$$

垂直に入射する0次光 R_3 に対して、回折光 $R'_{3\alpha}$ と $R'_{3\beta}$ との位相差は距離 $CBGH$ にあたる。

$$\text{距離 } CBGH = \left(\frac{L}{2} - d\right) \sin \varphi + d(1 + \cos \varphi)$$

今、入射光 R と R_3 を同時に入射させて、回折光 $R'_{1\alpha}$, $R'_{1\beta}$ と回折光 $R'_{3\alpha}$, $R'_{3\beta}$ とを同時に検出し、モアレ光として観察するとモアレ光の光強度は位相差 $-d \sin \varphi - d(1 - \cos \varphi)$ だけずれた状態で変化する。

第6図で求めた $2d \sin \varphi$ と第7図で求めた $-d \sin \varphi - d(1 - \cos \varphi)$ での未知数は、 φ のみであり、(入射角 φ , 格子の深さ d は既知である。)

表面にある格子を α とし、底面にある格子を β とする。格子 β は、 $\ell/2$ の位置からずれ量 Δ だけずれた位置にある。また、格子の深さを d とする。

第6図において格子 α の反射中心 A 点から回折される光と格子 β の反射中心 B 点から回折される光の位相差を求める。

左から入射する+1次光 R_1 に対して、回折光 $R'_{1\alpha}$ と $R'_{1\beta}$ との位相差は距離 $FEBC$ にあたる。

$$\text{距離 } FEB = \left(\frac{L}{2} - d\right) \sin \varphi + d(1 + \cos \varphi)$$

右から入射する-1次光 R_2 に対して回折光 $R'_{2\alpha}$ と $R'_{2\beta}$ との位相差は、距離 $HGBC$ にあたる。

$$\text{距離 } HGBC = \left(\frac{L}{2} + d\right) \sin \varphi + d(1 + \cos \varphi)$$

今、入射光 R_1 と R_2 を同時に入射させ、回折光 $R'_{1\alpha}$, $R'_{1\beta}$ と回折光 $R'_{2\alpha}$, $R'_{2\beta}$ とを同時にモアレ光として観察すると、モアレ光の光強度は位相差 $2d \sin \varphi$ だけずれた状態で変化する。

一方、第7図に示すように基板表面に対して左

第8図に示すようにステージの移動量に対応した光強度を測定比較することで、この未知数 Δ は求まる。この Δ に対応した量 Δ' だけステージを移動し、位置合わせを完了する。位置合わせが完了すると、投影用光路1-2を用いて、レチクル像を縮小投影光学系1-8により投影し、レチクル上の回路パターンをウエハ上に形成する。

発明の効果

本発明により、干渉鏡を媒介としてレチクル上にパターンをウエハ上に高い精度で位置合わせし、さらに、ウエハ上に形成した格子の形状を推定し、形状が非対称な場合には位置の補正を行なって、より高い精度の位置合わせを行なうことができる。

4、図面の簡単な説明

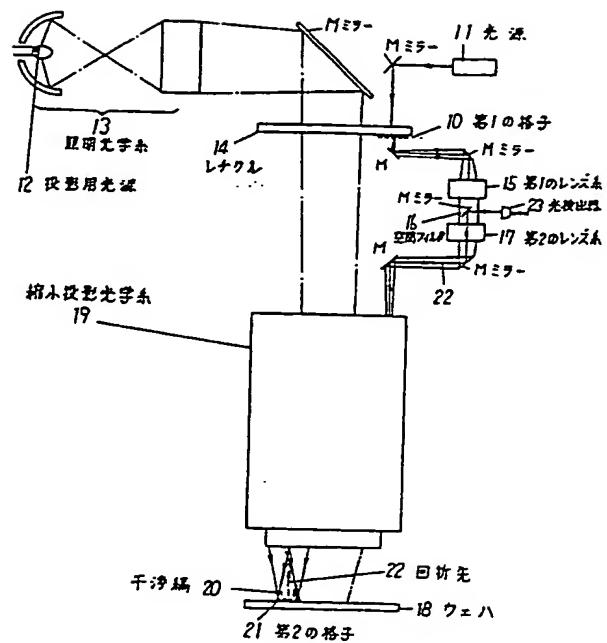
第1図は本発明の一実施例の露光装置の基本的な構成図、第2図aはレチクルの概略平面図、第2図bは第2図aのA-A'線断面図、第3図は本発明の露光装置の位置合わせ系の原理説明図、第4図は光強度の測定系の概略図、第5図はウエハの格子に照射したときの回折光の光強度の授割角

度依存性を示す図、第6図および第7図はレチクルからの回折光の様子を示す図、第8図はステージの移動量と光強度の関係を示す図、第9図は干渉法を用いた位置合わせ方法の概略図、第10図は從来の位置合わせ系の概略図である。

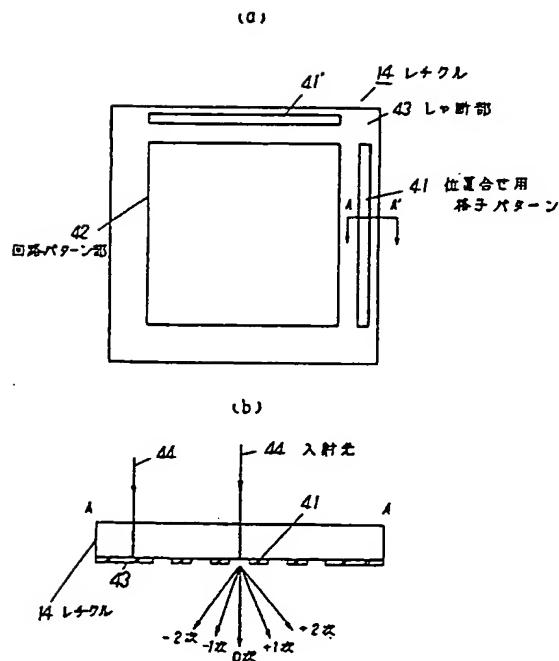
- 10 ……第1の格子、11, 12 ……光源、
- 14 ……レチクル、15 ……第1のレンズ系、
- 16 ……空間フィルタ、17 ……第2のレンズ系、
- 18 ……ウェハ、19 ……縮小投影光学系、20 ……干渉鏡、21 ……第2の格子、22 ……回折光。

代理人の氏名 弁理士 中 尾 敏 男 ほか1名

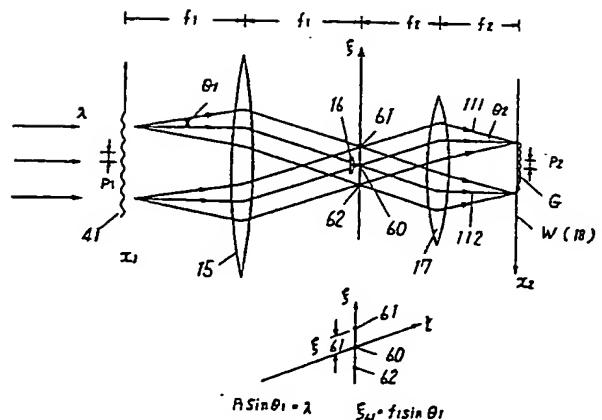
第1図



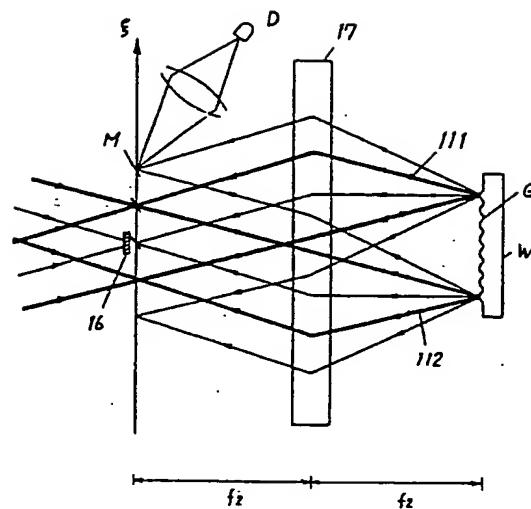
第2図



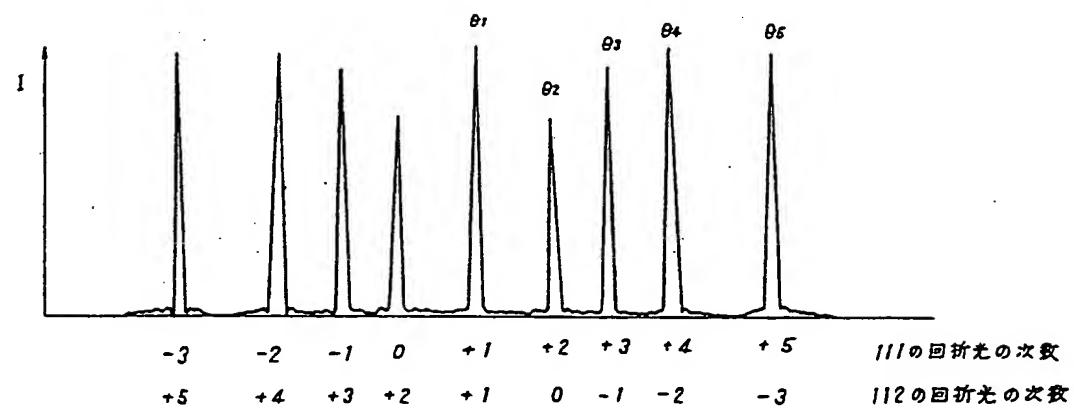
第3図



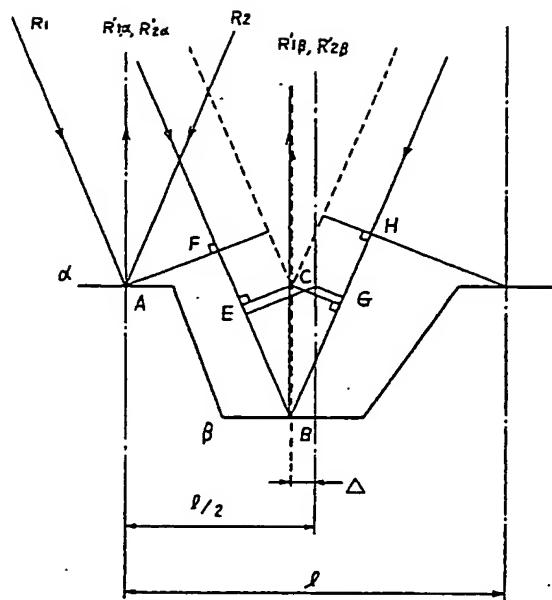
第 4 図



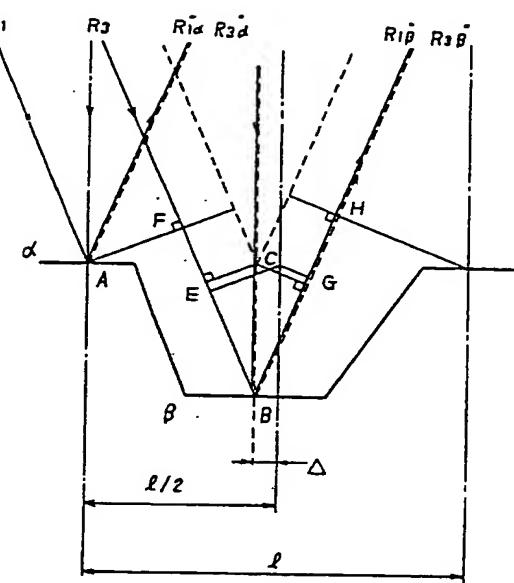
第 5 図



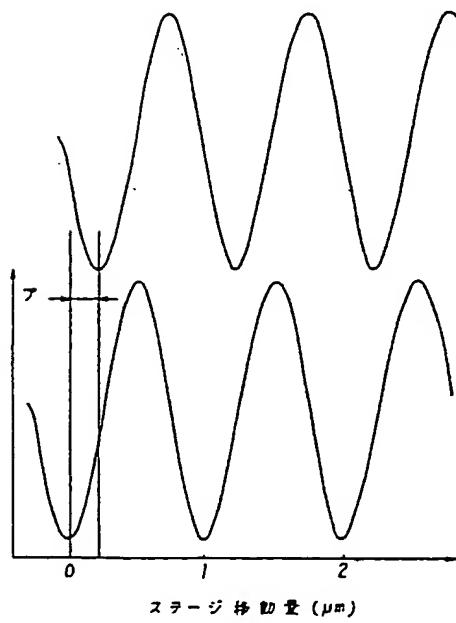
第 6 図



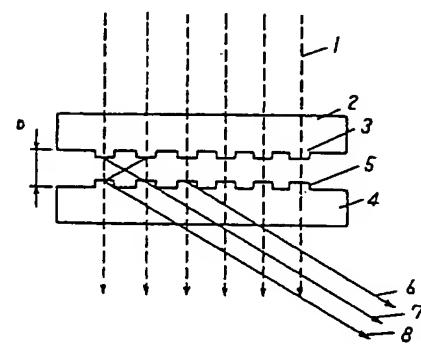
第 7 図



第 8 図



第 9 図



第 10 図

